

Heat exchanger

Publication number: DE10226753 (A1)

Publication date: 2004-01-08

Inventor(s): HEUSS HANS-PETER [DE]; LOESCH BRUNO [DE]; ZEEB JOACHIM [DE]

Applicant(s): BEHR GMBH & CO [DE]

Classification:

- international: F28D1/053; F28F9/02; F28D1/04; F28F9/02; (IPC1-7); F28F9/02; F28D1/00

- European: F28D1/053E; F28F9/02A2D

Application number: DE20021026753 20020614

Priority number(s): DE20021026753 20020614

Also published as:

EP1371926 (A1)

EP1371926 (B1)

ES2272846 (T3)

AT342481 (T)

Cited documents:

DE19857382 (A1)

DE19819247 (A1)

DE19752139 (A1)

DE19719259 (A1)

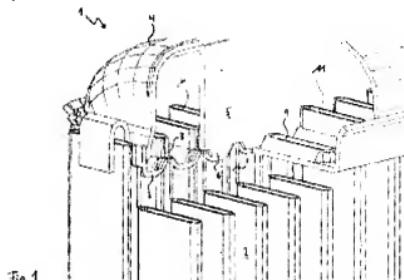
DE19510283 (A1)

[more >>](#)

Abstract not available for DE 10226753 (A1)

Abstract of corresponding document: **EP 1371926 (A1)**

Heat exchanger comprises plate-like flow channel elements (2) having at least two flow channels running parallel to each other and partially parallel to the longitudinal axis of the flow channel element, and a liquid vessel having a lid region (4), a base region (3), and a separating element (5). The liquid vessel has a connecting device for liquid to flow into and out of the vessel. The separating element divides the inner chamber of the vessel into two chambers so that the openings of the flow channels are in flow connection with each chamber of the vessel. The base region is connected to the lid region in a liquid-tight manner. The divided regions (7) have slit-like recesses (8) extending from the ends of the flow channel openings along the longitudinal axis of the flow elements.; Preferred Features: The base region in a portion of the openings and especially in the region of the edge regions delimiting the openings protrudes into the vessel.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 26 753 A1 2004.01.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 26 753.7

(51) Int CL: F28F 9/02
F28D 1/00

(22) Anmeldetag: 14.06.2002

(43) Offenlegungstag: 08.01.2004

(71) Anmelder:
Behr GmbH & Co., 70469 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DE 198 57 382 A1
DE 198 19 247 A1
DE 197 52 139 A1
DE 197 19 259 A1
DE 195 10 283 A1
DE 44 32 972 A1

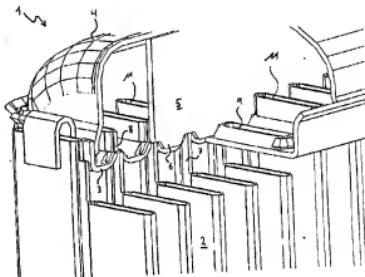
(72) Erfinder:
Heuss, Hans-Peter, 70825 Korntal-Münchingen,
DE; Lösch, Bruno, 71032 Böblingen, DE; Zeeb,
Joachim, 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: Wärmetauscher

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher zum Austausch von Wärme zwischen zwei Medien, wobei der Wärmetauscher aus im wesentlichen plattenförmigen Strömungskanaelelementen und wenigstens einem Flüssigkeitsbehälter besteht.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wärmetauscher. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung einen Wärmetauscher zur Verwendung in Kraftfahrzeugklimaanlagen.

[0002] Wärmetauscher werden im Kraftfahrzeubau in großen Stückzahlen eingesetzt. Üblicherweise dienen Wärmetauscher dem Austausch von Wärme zwischen zwei Medien, bevorzugt einem flüssigem und einem gasförmigen Medium.

[0003] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine gegenüber bekannten Wärmetauschern verbesserte Bauform eines Wärmetauschers zur Verfügung zu stellen.

[0004] Demnach weist der erfindungsgemäße Wärmetauscher Strömungskanalelemente auf, wobei die Strömungskanalelemente vorzugsweise plattenförmig ausgeführt sind. Besonders bevorzugt sind derartige Strömungskanalelemente aus Flachrohren gefertigt, wobei die Länge der Strömungskanalelemente beliebig wählbar ist.

[0005] Derartige Strömungskanalelemente weisen wenigstens zwei im wesentlichen parallel zueinander verlaufende Strömungskanäle auf. Vorzugsweise verlaufen die Strömungskanäle außerdem zumindest teilweise parallel zur Längsachse des Strömungskanalelementes. Besonders bevorzugt verlaufen die Strömungskanäle im wesentlichen über einen Großteil der Länge des Strömungskanalelementes parallel zueinander.

[0006] Die Strömungskanalelemente weisen weiterhin wenigstens einen zumindest teilweise parallel zur Längsachse des Strömungskanalelementes verlaufenden Teilbereich auf, der zwischen den Strömungskanälen angeordnet ist und durch den die Strömungskanäle voneinander abgegrenzt werden. Vorzugsweise erstreckt sich der Teilbereich wiederum über einen Teil der Länge des Strömungskanalelementes, wie beispielsweise die halbe Länge, zwei Drittel der Länge, drei Viertel der Länge, die ganze Länge oder aber beliebige Zwischenwerte des Strömungskanalelementes.

[0007] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der Teilbereich Unterbrechungen in seinem Verlauf auf, durch die freie Querschnitte definiert werden, durch die eine Strömungsverbindung zwischen den Strömungskanälen der Strömungskanalelemente besteht, so dass ein fluides Medium, welches in einem Strömungskanal fließt, durch den freien Querschnitt in den anderen Strömungskanal übertreten kann.

[0008] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die beiden Strömungskanäle der Strömungskanalelemente daher innerhalb der Strömungskanalelemente durch wenigstens einen freien Querschnitt miteinander verbunden.

[0009] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die Strömungskanalelemente an einem ihrer Enden flüssigkeitsdicht verschlossen und

der Teilungsbereich verläuft vom Bereich des offenen Endes des Strömungskanalelementes im wesentlichen parallel zur Längsmittelachse des Strömungskanalelementes bis in den Bereich des fluidicht verschlossenen Endes des Strömungskanalelementes, wobei dieser Verlauf Unterbrechungen aufweist, durch die der oder die freien Querschnitte definiert werden.

[0010] Auf diese Weise fließt ein durch einen im Strömungskanal in das Strömungskanalelement einfließendes fluides Medium durch den oder die freien Querschnitte hindurch in den anderen Strömungskanal und tritt hierdurch wieder aus dem Strömungskanalelement aus.

[0011] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen die Strömungskanäle eine Querschnittsfläche auf, welche in ihrem Verlauf entlang der Längsachse des Strömungskanalelementes im wesentlichen konstant ist. Besonders bevorzugt ist der Querschnitt der Strömungskanäle entlang der Längsachse des Strömungskanalelementes im wesentlichen konstant.

[0012] Der erfindungsgemäße Wärmetauscher weist weiterhin einen Flüssigkeitsbehälter auf, welcher einen Deckelbereich, einen Bodenbereich und wenigstens ein Trennelement aufweist.

[0013] Der Flüssigkeitsbehälter weist weiterhin wenigstens eine Anschlüsseeinrichtung auf, durch die ein Flüssigkeitsein- bzw. -auslauf in bzw. aus dem Flüssigkeitsbehälter möglich ist. Hierdurch kann der Wärmetauscher beispielsweise in einem Heizkreislauf angeordnet werden, so dass beispielsweise durch mit den Strömungskanalelementen in Verbindung stehende Heizelemente eine Erwärmung einer die Strömungskanalelemente durchfließende Flüssigkeit statt findet.

[0014] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind zwischen den Strömungskanalelementen überdes Kühl- bzw. Weltrippen angeordnet, so dass über diese Weltrippen ein Austausch von Wärme zwischen einem den Wärmetauscher durchströmenden ersten Medium, vorzugsweise Luft, und einem die Strömungskanäle durchströmenden zweiten Medium, vorzugsweise Wasser bzw. Kühlmittel oder ein Wasser-Kühlmittel-Gemisch, stattfindet.

[0015] Überdes kann eine gleichzeitige Erwärmung der den Wärmetauscher durchströmenden Luft und der die Strömungskanäle durchströmenden Flüssigkeit beispielsweise durch Heizelemente, vorzugsweise PTC-Heizelemente oder Leistungshalbleiter-Heizelemente erfolgen.

[0016] Das Trennelement dient der Unterteilung des Innenraums des Flüssigkeitsbehälters in wenigstens zwei Räume derart, dass jeweils gleiche Öffnungen der Strömungskanäle in einer Strömungsverbindung mit den jeweiligen Räumen des Flüssigkeitsbehälters stehen. Die Räume sind beispielsweise Ein- bzw. Auslaufräume, die bevorzugt mit jeweils einer Anschlüsseeinrichtung strömungsverbunden sind, so

dass ein Einstromen von Flüssigkeit in die Einlassseite des Flüssigkeitsbehälters von dieser in das Strömungskanalelement, durch dieses hindurch, in die Auslassseite des Flüssigkeitsbehälters und durch die Anschlusseneinrichtung der Auslassseite strömt.

[0017] Das Trennelement teilt die beiden Räume des Flüssigkeitsbehälters dabei im wesentlichen flüssigkeitsdicht voneinander, indem es sowohl mit dem Deckelbereich als auch mit dem Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters im wesentlichen formschlüssig verbunden ist. Das Trennelement ist dabei vorzugsweise so ausgeführt, dass die Außenkontur der Seite des Trennelementes, welche zum Bodenbereich weist, im wesentlichen dem Oberflächenverlauf des Bodenbereiches des Flüssigkeitsbehälters entspricht, so dass eine in wesentlichen formschlüssige Verbindung zwischen der Außenkontur des Trennelementes und dem Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters besteht.

[0018] Erfnungsgemäß weist der Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters Durchführungen auf, durch welche die Strömungskanalelemente in den Innenraum des Flüssigkeitsbehälters ragen und dabei jeweils ein Strömungskanal des Strömungskanalelementes mit einem Raum des Flüssigkeitsbehälters strömungsverbunden ist. Die Öffnungen der Strömungskanale ragen somit in den Flüssigkeitsbehälter, wobei die Strömungskanalelemente mit dem Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters beispielsweise durch einen Ofen-Hartöt-Prozess oder durch Kleben oder dergleichen flüssigkeitsdicht verbunden sind.

[0019] Deckelbereich und Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters können bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform zweiteilig ausgeführt sein, wobei die beiden Teile beispielsweise durch einen Ofen-Hartöt-Prozess oder aber durch Kleben oder dergleichen flüssigkeitsdicht miteinander verbunden sind.

[0020] Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfnung sind Dekkelbereich und Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters einstöckig ausgeführt.

[0021] Erfnungsgemäß weist der Teilungsbereich der Strömungskanalelemente schlitzförmige Ausnehmungen auf, welche sich von dem die Strömungskanalöffnungen aufweisenden Ende der Strömungskanalelemente zumindest teilweise parallel zur Längsmittelachse des Strömungskanalelementes erstrecken. Vorzugsweise erstrecken sich diese schlitzförmigen Ausnehmungen derart, dass die Ausnehmungen innerhalb des Flüssigkeitsbehälters angeordnet sind, so dass das Trennelement in die Ausnehmungen derart eingreift, dass die Längsachse des Trennelementes im wesentlichen parallel zur Flächennormalen der plattenförmigen Strömungskanalelemente verläuft und dass das Trennelement in etwa so ausgeführt ist, dass es passgenau bzw. formschlüssig in die Ausnehmungen der Teilungsbereiche eingreift.

[0022] Der Eingriff ist dabei so ausgeführt, dass eventuell freibleibende Querschnitte nicht größer

sind als dass sie durch Lot oder Klebstoff oder ein ähnliches Verbindungsmaier flüssigkeitsdicht ausgefüllt werden könnten.

[0023] Idealerweise sind die Ausnehmungen derart ausgeführt, dass die Grenze der Ausnehmungen beim eingesetzten Strömungskanalelement so verläuft, dass die Oberfläche des Bodenbereiches durch die Grenzfläche des Teilungsbereiches, welche sich an die Ausnehmung anschließt, im wesentlichen eben fortgeführt wird.

[0024] Auf diese Weise besteht eine im wesentlichen formschlüssige Verbindung der Außenkontur des Trennelementes mit dem Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters bzw. der Strömungskanalelemente auch im Bereich der Durchführungen, bei denen die Grenzfläche des Teilungsbereiches an den Trennelement anliegt.

[0025] Zwischen den Wandungen der Strömungskanäle und dem Trennelement besteht auf diese Weise eine im wesentlichen flüssigkeitsdichte Verbindung.

[0026] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfnung ist der Bodenbereich im Abschnitt der Durchführungen und insbesondere im Bereich der die Durchführungen begrenzenden Randbereiche zum Inneren des Flüssigkeitsbehälters vorstehend ausgeführt. Auf diese Weise besteht zwischen den Strömungskanalelementen und den Randbereichen der Durchführungen eine form- und/oder kraftschlüssige Verbindung. Dadurch kann auf einfache Weise eine flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen dem Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters und den Strömungskanalelementen beispielsweise durch einen Ofen-Hartöt-Prozess oder ein Kleben oder dergleichen hergestellt werden.

[0027] Beim Einsticken der Strömungskanalelemente in einen vorgefertigten erfnungsgemäß Flüssigkeitsbehälter wird durch die schlitzförmigen Ausnehmungen die Einstektliefe der Strömungskanalelemente einfach und genau begrenzt, so dass ein exakte Produktion und insbesondere eine das Erfordernis der Flüssigkeitsdichtigkeit erfüllende und gleichzeitig einfache Herstellung der erfungsgemäß Wärmetauscher möglich ist.

[0028] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfnung weist das Trennelement Vorsprünge auf, welche in Vertiefungen des Bodenbereichs eingreifen, so dass auch in diesen Bereichen eine im wesentlichen formschlüssige Verbindung des Bodenbereichs mit den Trennelementen besteht, welche durch einen Ofen-Hartöt-Prozess oder ein Kleben oder dergleichen fixiert wird. Die Außenkontur des Trennelementes folgt dabei der Oberfläche des Bodenbereiches des Flüssigkeitsbehälters zumindest über einen Teil der Länge des Flüssigkeitsbehälters parallel.

[0029] Weitere Merkmale der vorliegenden Erfnung ergeben sich aus der folgenden detaillierten Figurenbeschreibung in Verbindung mit den Ansprüchen und den Zeichnungen.

[0030] Es zeigen:

[0031] **Fig. 1** eine perspektivische Darstellung eines Wärmetauschers für ein Kraftfahrzeug gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0032] **Fig. 2** eine schematische Schnittdarstellung eines Wärmetauschers gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0033] Das nachfolgend dargestellte Ausführungsbeispiel betrifft eine bevorzugte Ausführungform eines Wärmetauschers, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0034] **Fig. 1** zeigt eine perspektivische Darstellung eines Wärmetauschers dessen Strömungskanalelemente 2 zwei Strömungskanäle 11 aufweist, die im wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind. Die beiden Strömungskanäle werden voneinander durch den Teilungsbereich 7 abgegrenzt und münden in einem vorgegebenen Abstand in den Flüssigkeitsbehälter 1.

[0035] Der Flüssigkeitsbehälter 1 besteht im wesentlichen aus einem Deckelbereich 4 und einem Bodenbereich 3, wobei gemäß der vorliegenden Erfindung der Flüssigkeitsbehälter jeweils ein Ende aller Strömungskanäle der Strömungskanalelemente aufnimmt. Der Flüssigkeitsbehälter ist durch ein Trennelement 5, welches im Innenraum des Flüssigkeitsbehälters angeordnet ist, in wenigstens zwei Räume unterteilt, deren hydraulische Strömungsrichtung unterschiedlich ist.

[0036] Diese Räume weisen wenigstens je eine Anschlusseinrichtung (nicht dargestellt) auf, durch welche das Wärmetauschermedium dem Wärmetauscher zubw. abgeführt werden kann.

[0037] Gemäß des vorliegenden Ausführungsbeispiels wird das Wärmetauschermedium, das über eine erste nicht dargestellte Anschlusseinrichtung in den Wärmetauscher eingeleitet wird, im ersten Raum des Flüssigkeitsbehälters auf die hierin angeordneten Strömungskanäle verteilt und aufgrund einer Zwangsströmung über die Strömungskanäle in den zweiten Raum des Flüssigkeitsbehälters geleitet. Über eine zweite Anschlussseinrichtung wird das Wärmetauschermedium aus dem Wärmetauscher abgeleitet.

[0038] Der Wärmeübergang zwischen dem Wärmetauschermedium und dem den Wärmetauscher umströmenden Medium erfolgt über die inneren Oberflächen der Strömungskanäle und den äußeren Oberflächen des Wärmetauschers, wobei gemäß einer bevorzugten Ausführungsform die äußere Oberfläche durch zusätzliche Kühlrippen vergrößert wird, um eine verbesserte Wärmeübertragung zu erreichen.

[0039] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform weisen die Strömungskanäle einen im wesentlichen rechteckigen Querschnitt auf, wobei die Seitenübergänge gekrümmt ausgeführt sind.

[0040] Der Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters weist entsprechend der Zahl der Strömungskanalelemente Durchführungen auf, deren angrenzende Bereiche sich in einem vorgegebenen Winkel bzw.

Krümmung in den Innenraum des Flüssigkeitsbehälters hinein konusartig erstrecken.

[0041] Diese im wesentlichen an die äußeren Abmessungen der Strömungskanalelemente 2 angepassten Durchführungen sind so gestaltet, dass eine im wesentlichen formschlüssige und nach dem Hartlötprozess flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen den Strömungskanalelementen und dem Bodenbereich 3 besteht.

[0042] Die Strömungskanalelemente 2 weisen ferner eine schlitzförmige Ausnehmung 8 auf, welche sich im wesentlichen entlang der Längsachse der Strömungskanalelemente erstreckt und so gestaltet ist, dass die Ausnehmung mit dem angrenzenden Bodenbereich des Flüssigkeitsbehälters im wesentlichen bündig abschließt.

[0043] Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel greift das im Flüssigkeitsbehälter angeordnete Trennelement 5 in die schlitzförmigen Ausführungen 8 ein. Ferner ist die Außenkontur des Trennelements so gestaltet, dass die Kontur der inneren Oberflächenstruktur des Bodenbereichs 3 im wesentlichen folgt und den Behälter in wenigstens zwei Bereiche unterteilt.

[0044] Durch das Trennelement werden ferner zwei voneinander getrennte Räume im Innenraum des Flüssigkeitsbehälters definiert, die im wesentlichen nur über die vorgegebenen Strömungswege der Strömungskanalelemente in Fluidverbindung stehen und gegenüber der Umgebung flüssigkeitsdicht sind.

[0045] **Fig. 2** zeigt einen Längsschnitt eines Wärmetauschers gemäß der vorliegenden Erfindung. Neben dem Trennelement 5 sind der Bodenbereich 3 und der Deckelbereich 4 zu erkennen.

[0046] Die **Fig. 2** zeigt ferner eine bevorzugte Gestaltung des Bodenbereichs 3 und der hierin angeordneten Durchführungen 9. Insbesondere ist der Übergang zwischen den Ausnehmungen 8 und den sich im Mittelbereich anschließenden Bodenbereichsabschnitt 10 zu erkennen, der sich entsprechend der vorherigen Ausführungen mit einem vorgegebenen Winkel bzw. einer vorgegebenen Krümmung in den Innenraum des Flüssigkeitsbehälters erstreckt und dessen obere Begrenzung bündig mit dem unteren Ende der Ausnehmungen abschließt.

Patentansprüche

1. Wärmetauscher, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, bestehend aus im wesentlichen plattenförmigen Strömungskanalelementen (2), welche wenigstens zwei Strömungskanäle aufweisen, wobei die Strömungskanäle im wesentlichen parallel zueinander und zumindest teilweise parallel zur Längsachse des Strömungskanalelementes (2) verlaufen, und wobei die Strömungskanäle der Strömungskanalelemente durch wenigstens einen zumindest teilweise

parallel zur Längsachse des Strömungskanalelementes verlaufenden Teilungsbereich (7) von einander abgegrenzt werden, und wenigstens einem Flüssigkeitsbehälter, welcher einen Deckelbereich (4), einen Bodenbereich (3) und wenigstens ein Trennelement (5) aufweist, wobei der Flüssigkeitsbehälter wenigstens eine Anschlussseinrichtung aufweist, durch die ein Flüssigkeitsein- bzw. -auslauf in/aus dem Flüssigkeitsbehälter möglich ist, und wobei das Trennelement den Innenraum des Flüssigkeitsbehälters in wenigstens zwei Räume unterteilt, so dass die Öffnungen der Strömungskanäle in einer Strömungsverbindung mit den jeweiligen Räumen des Flüssigkeitsbehälters stehen, und wobei die beiden Räume des Flüssigkeitsbehälters durch das Trennelement im wesentlichen flüssigkeitsdicht voneinander getrennt sind, und wobei der Bodenbereich (3) mit dem Deckelelement flüssigkeitsdicht verbunden ist und Durchführungen (9) aufweist, durch welche die Strömungskanalelemente in den Innenraum des Flüssigkeitsbehälters ragen, und die Teilungsbereiche (7) schlitzförmige Ausnehmungen (8) aufweisen, welche sich von den die Strömungskanalöffnungen aufweisenden Enden der Strömungskanalelemente im wesentlichen soweit entlang der Längsachse der Strömungskanalelemente erstrecken, dass zwischen den in den Flüssigkeitsbehälter ragenden Strömungskanalelementen das Trennelement (5) derart eingreift, dass zwischen den Wandungen der Strömungskanäle und dem Trennelement eine im wesentlichen flüssigkeitsdichte Verbindung besteht, wobei die Außenkontur des Trennelementes im wesentlichen dem Oberflächenverlauf des Bodenbereichs des Flüssigkeitsbehälters entspricht, und wobei die Querschnittsfläche der Strömungskanäle entlang der Längsachse der Strömungskanalelemente im wesentlichen konstant ist.

2. Wärmetauscher gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bodenbereich (3) im Abschnitt der Durchführungen (9), und insbesondere im Bereich der die Durchführungen begrenzenden Randbereiche (10) ins Innere des Flüssigkeitsbehälters vorstehend ausgeführt ist, wobei zwischen den Strömungskanalelementen und den Randbereichen der Durchführungen eine im wesentlichen formschlüssige und/oder kraftschlüssige Verbindung besteht.

3. Wärmetauscher gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Trennelement Vorsprünge (6) aufweist, welche in Vertiefungen des Bodenbereichs eingreift, so dass im Bereich dieser Vertiefungen eine im wesentlichen formschlüssige Verbindung des Bodenbereichs mit dem Trennelement (5) besteht.

4. Wärmetauscher gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Strömungskanäle der Strömungskanalelemente innerhalb der Strömungskanalelemente durch wenigstens einen freien Querschnitt miteinander verbunden sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

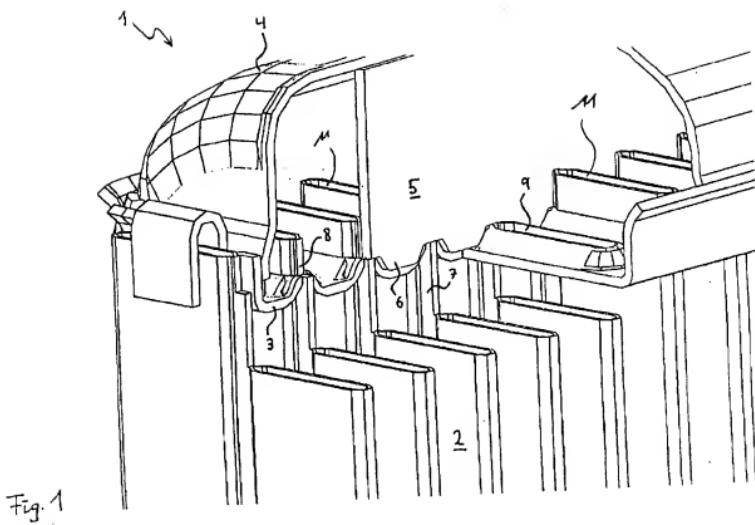


Fig. 1

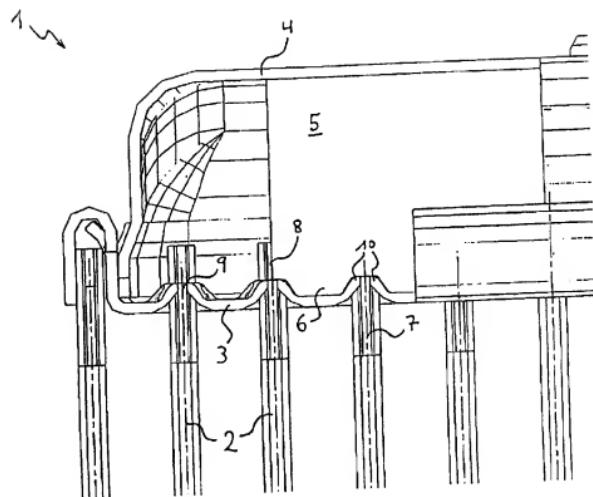


Fig. 2